

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-081942

(43)Date of publication of application : 28.03.1997

(51)Int.Cl.

G11B 7/09

(21)Application number : 07-231424

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 08.09.1995

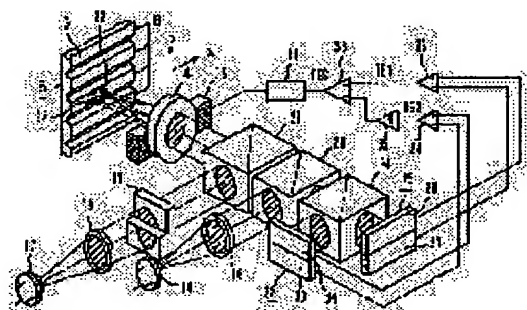
(72)Inventor : FUJITA TERUO

(54) TRACKING ERROR DETECTOR OF OPTICAL HEAD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress an offset generated by the translation of an objective lens and the inclination of an information recording medium and to keep the amplitude of a tracking error signal at maximum even when a track interval of the medium is changed by providing a phase adding means for giving a phase difference of 180° to a half surface of one light beam.

SOLUTION: Two light beams including one light beam to which a phase difference of 180° is given to nearly a half surface by a phase adding means 37 are converged/projected on an information recording medium 5 through an objective lens 4. The convergent spots are arranged on the information recording medium 5 so that the interval between the convergent spots 22, 38 formed by two light beams in the direction orthogonal to a track 8 on the information recording medium 5 becomes almost integer multiple of the track interval. The tracking error signal is obtained from the difference output of a pair of bisected photodetectors 25, 28 receiving light beams from the information recording medium 5, respectively.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.11.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3549301

[Date of registration] 30.04.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-81942

(43) 公開日 平成9年(1997)3月28日

(51) Int. Cl.⁴

G 1 1 B 7/09

識別記号

庁内整理番号

9646-5D

F I

G 1 1 B 7/09

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平7-231424

(22) 出願日

平成7年(1995)9月8日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 藤田 輝雄

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

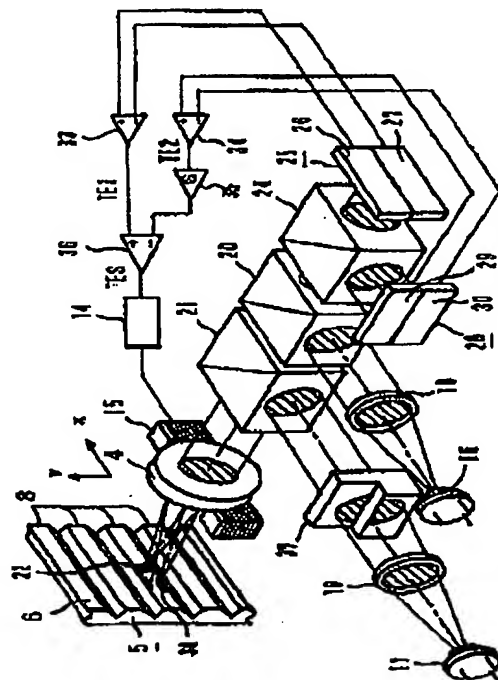
(74) 代理人 弁理士 高田 守 (外4名)

(54) 【発明の名称】 光ヘッドのトラッキング誤差検出装置

(57) 【要約】

【課題】 光学系が簡素で、対物レンズの並進や情報記録媒体の傾きによって発生するオフセットを抑圧できるとともに、情報記録媒体のトラック間隔が変化してもトラッキング誤差信号の振幅を最大に保てるトラッキング誤差検出装置を得る。

【解決手段】 略半面に略180度の位相差を与えられた一本の光ビームを含む2本の光ビームを対物レンズを介して情報記録媒体に集光照射し、前記2本の光ビームによって形成される集光スポットの前記情報記録媒体上トラックに直交する方向の間隔がトラック間隔の略整数倍となるように前記集光スポットを前記情報記録媒体上に配置し、この情報記録媒体からの光ビームをそれぞれ一對の2分割光検知器の差出力の差からトラッキング誤差信号を得るようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 2本の光ビームを対物レンズを介して情報記録媒体に集光照射し、この情報記録媒体からの光ビームをそれぞれ一対の2分割光検知器で受光し、一対の2分割光検知器の差出力の差からトラッキング誤差信号を得る光ヘッドのトラッキング誤差検出装置において、一方の光ビームの略半面に略180度の位相差を与える位相付加手段を設けるとともに、前記光ビームによって形成される集光スポットの前記情報記録媒体上トラックに直交する方向の間隔がトラック間隔の略整数倍となるように前記集光スポットを前記情報記録媒体上に配置したことを特徴とする光ヘッドのトラッキング誤差検出装置。

【請求項2】 3本の光ビームを対物レンズを介して情報記録媒体に集光照射し、この情報記録媒体上に3個の集光スポットを形成し、前記情報記録媒体からの光ビームをそれぞれ3個の2分割光検知器で受光し、3個の2分割光検知器の差出力からトラッキング誤差信号を得る光ヘッドのトラッキング誤差検出装置において、2本の光ビームの略半面に略180度の位相差を与える位相付加手段として、略半面の周期構造の位相がもう一方の略半面に形成された周期構造の位相と略180度異なる同折格子を設けるとともに、隣接しあう前記集光スポットの前記情報記録媒体上トラックに直交する方向の間隔がトラック間隔の略整数倍となるように前記集光スポットを前記情報記録媒体上に配置したことを特徴とする光ヘッドのトラッキング誤差検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光学的に情報の記録再生を行う光ヘッドのトラッキング誤差検出装置に関し、特に、オフセットの発生が小さく、さらに、検出感度のトラック間隔に対する依存性が小さいトラッキング誤差検出装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図8は特公平4-1412号公報、及び、"G. Bouwhuis et al., Principles of Optical Disc System, Adam Hilger, pp. 72~73 (1985)" に記載されたプッシュプル法と呼ばれる従来のトラッキング誤差検出装置を示す構成図である。図8において、1は記録再生用の光束を放射する半導体レーザなどの発光源である。2は発光源1からの光ビームを平行ビームに変換するコリメータレンズであり、3はコリメータレンズ2からの平行ビームを透過すると共に後述する情報記録媒体5からの反射ビームを反射させるビームスプリッタ、4は前記発光源1からの出射光ビームを後述する情報記録媒体5の情報記録面6上に集光するとともに情報記録媒体5からの反射ビームを平行ビームにする対物レンズである。5は光ディスクなどの情報記録媒体であり、7は情報記録媒体5の情報記録面6上に形成された集光ス

ットである。8はトラックと呼ばれるもので、図に示したようにx方向に平行である。ここで、y方向とは情報記録媒体5と平行な面内にあり、かつ、トラック8に垂直な方向である。また、z方向は情報記録面6に垂直な方向である。9は反射ビームを後述の2分割光検知器10上に適当な大きさに絞り込む集束レンズである。10は2分割光検知器であり、2つの受光面11、12から構成されている。100は2分割光検知器10上の光スポットである。受光面11、12からの出力の差が差動増幅器13によって取り出され、トラッキング誤差信号TFSとなる。このトラッキング誤差信号TFSは位相補償回路/増幅器14を介して対物レンズ駆動機構15に供給される。

【0003】 次に、図8に示した従来のトラッキング誤差検出装置の動作について説明する。2分割光検知器10上の光スポット100は図8に示したように円形をしており、受光面11と12の境界がこれを上下半円に分けるように2分割光検知器10は配置されている。前記集光スポット7がトラック8のちょうど真ん中を走査しているときには受光面11が受ける光量と受光面12が受ける光量が等しくなるが、前記集光スポット7がトラック8の真ん中よりずれると受光面11が受ける光量と受光面12が受ける光量が異なってくる。さらに、前記集光スポット7がトラック8の真ん中より右にずれるか左にずれるかにより、受光面11が受ける光量と受光面12が受ける光量の差は正もしくは負になる。従って、受光面11と12の出力の差をトラッキング誤差信号とすることができる。

【0004】 図8に示したように、対物レンズ4が点線で示された位置に並進した場合、2分割光検知器10上の光スポット100も点線で示された位置に並進する。このため、集光スポット7がトラック8の真ん中にあっても、受光面11と12の受光する光量が等しくならぬ。

【0005】 また、情報記録媒体5がy方向に傾いた場合にも、同様に2分割光検知器10上の光スポット100がずれるために、集光スポット7がトラック8の真ん中にあっても、受光面11と12の受光する光量が等しくならないという現象が発生する。

【0006】 この問題点を解決する方法として、特公平4-34212号公報には、2つの集光スポットをトラック間隔の略半分ずらせて情報記録媒体上に配置させ、これら2つの集光スポットのそれぞれの反射ビームを2個の2分割光検知器で受光し、2個の2分割光検知器の差出力の差をトラッキング誤差信号とする方法が述べられている。以下では、図9、10を用いてこの方法の構成、動作、および、問題点について述べる。

【0007】 図9は特公平4-34212号公報に記載された従来の他のトラッキング誤差検出装置の構成を示す斜視図である。図において、16及び17は半導体レ

3

一ザなどの発光源であって、相異なる波長の光ビームを出射する（発光源16の発振波長を $\lambda 1$ 、発光源17の発振波長を $\lambda 2$ とする）。18、19は、発光源16及び17からの光ビームを平行ビームに変換するコリメータレンズである。20は、コリメータレンズ18からの波長 $\lambda 1$ の平行ビームを90度偏向させて、対物レンズ4に向かわせるビームスプリッタであり、21は、コリメータレンズ19からの波長 $\lambda 2$ の平行ビームを90度偏向させて、対物レンズ4に向かわせるビームスプリッタである。22および23は情報記録媒体5の情報記録面6上に形成された集光スポットであり、波長 $\lambda 1$ の光ビームからの集光スポットが22で、波長 $\lambda 2$ の光ビームからの集光スポットが23である。

【0008】情報記録媒体5で反射された2つの光ビームは対物レンズ4により再び平行ビームに変換され、ビームスプリッタ20、21を通過し、ダイクロイックビームスプリッタ24に入射する。このダイクロイックビームスプリッタ24は、波長 $\lambda 1$ の光ビームは透過させ、波長 $\lambda 2$ の光ビームは反射させる。25および28は2分割光検知器であり、それぞれ2つの受光面26、27、および、29、30から構成されている。従って、波長 $\lambda 1$ の光ビームの集光スポット22からの反射ビームは、ダイクロイックビームスプリッタ24を通過し、2分割光検知器25に入射する。また、波長 $\lambda 2$ の光ビームの集光スポット23からの反射ビームは、ダイクロイックビームスプリッタ24で反射され、2分割光検知器28に入射する。

【0009】図10は情報記録面6上での集光スポット22、23の位置関係と、それらに対応する2分割光検知器25、28上での光スポットおよびトラッキング誤差信号を発生させる回路を示す図である。図では、情報記録媒体5の情報記録面6上にはランド部とグルーブ部があり、トラック8がランド部に形成されている。トラックの間隔を p とすれば、2つの集光スポット22と23の y 方向（トラックに直交する方向）の間隔は $p/2$ となるように設定されている。また、31と32は、集光スポット22、23それぞれに対応する2分割光検知器上の光スポットである。ひとつの2分割光検知器25の2つの受光面26、27からの出力が差動増幅器33に入力され、差出力TE1がえられ、TE1は次の差動増幅器36に供給される。同様に、もう一つの2分割光検知器28の2つの受光面29、30からの出力は差動増幅器35に入力され、差出力TE2が得られる。TE2は利得が G である可変利得増幅器35を通して差動増幅器36に入力されるので、差動増幅器36の出力にはTE1と G 倍したTE2の差が得られ、トラッキング誤差信号TESとなる。このトラッキング誤差信号TESは位相補償回路／増幅器14を介して対物レンズ駆動機構15に供給される。

【0010】次に、トラッキング誤差信号TESには対

4

物レンズ並進によるオフセットが現れないことを簡単に説明する。対物レンズが並進することにより2分割光検知器上のスポットが同じ方向に移動することが、オフセットの原因であることは前述した。図10では、2つのスポット31、32が y 方向に移動することになる。すると、受光面26、29で受光される光量が受光面27、30で受光される光量に比べて増加するので、図11中に一点鎖線で表したようにTE1及びTE2には正のオフセットが生じることになる。集光スポットがトラック8を横切ることによって発生するトラック横断成分は時間軸上正弦波状に変化するが、集光スポット22と23との y 方向の間隔がちょうどトラック間隔の半分に設定されているので、図11に示すように差出力TE1とTE2の位相はちょうど逆相になる。従って、可変利得増幅器35の利得 G を、差出力TE1のオフセットと差出力TE2のオフセット比に等しくなるように設定すれば、図11に示すようにトラッキング誤差信号TESからオフセットが除去できるのである。また、情報記録媒体の傾きに起因するオフセットも同様に除去できる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】従来の他のトラッキング誤差検出装置は以上のように構成されるので、トラッキング誤差信号の振幅が2つの集光スポットの間隔と情報記録媒体のトラック間隔の比に依存するという問題点があった。特に、これは、トラック間隔の異なる複数の種類の光ディスクを一つの光ヘッドで再生する場合に問題となる。例えば、トラック間隔が p の光ディスクに対して、集光スポットの間隔がトラック間隔の半分、即ち、 $p/2$ となるように（即ち、トラッキング誤差信号の振幅が最大となるように）調整した場合を考えると、トラック間隔が $p/2$ 近傍のディスクに対しては、トラッキング誤差信号の振幅がほぼ零になってしまう。これは、この方式でのトラッキング誤差信号の振幅が、2つの集光スポットの間隔がトラック間隔の半分の奇数倍である場合に最大、トラック間隔の整数倍では零になるように変化するからである。

【0012】この発明は上記のような問題点を解決するためになされたもので、第1の目的は、対物レンズの並進や情報記録媒体の傾きによって発生するオフセットを抑圧できるとともに、情報記録媒体のトラック間隔が変化してもトラッキング誤差信号の振幅を最大に保てる光ヘッドのトラッキング誤差検出装置を提供するものである。

【0013】さらに、第2の目的は、対物レンズの並進や情報記録媒体の傾きによって発生するオフセットを抑圧できるとともに、情報記録媒体のトラック間隔が変化してもトラッキング誤差信号の振幅を最大に保て、かつ、光学系が簡素な光ヘッドのトラッキング誤差検出装置を提供するものである。

【0014】

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】この発明に係る光ヘッドのトラッキング誤差検出装置においては、略半面に略180度の位相差を与えられた一本の光ビームを含む2本の光ビームを対物レンズを介して情報記録媒体に集光照射し、前記2本の光ビームによって形成される集光スポットの前記情報記録媒体上トラックに直交する方向の間隔がトラック間隔の略整数倍となるように前記集光スポットを前記情報記録媒体上に配置し、この情報記録媒体からの光ビームをそれぞれ一對の2分割光検知器で受光し、一對の2分割光検知器の差出力の差からトラッキング誤差信号を得るようにしたものである。

【0015】また、発光源から出射する1本の光ビームを3本の光ビームにする手段として略半面の周期構造の位相がもう一方の略半面に形成された周期構造の位相と略180度異なる回折格子を設け、これら3本の光ビームを対物レンズを介して情報記録媒体に集光照射し、この情報記録媒体上に3個の集光スポットを形成し、隣接しあう前記集光スポットの前記情報記録媒体上トラックに直交する方向の間隔がトラック間隔の略整数倍となるように前記集光スポットを前記情報記録媒体上に配置し、前記情報記録媒体からの光ビームをそれぞれ3個の2分割光検知器で受光し、3個の2分割光検知器の差出力からトラッキング誤差信号を得るようにしたものである。

【0016】

【発明の実施の形態】この発明の実施の形態である光ヘッドのトラッキング誤差検出装置においては、一對の2分割光検知器の差出力に現れるオフセット成分は同相、トラック横断成分は逆相であるため、一對の2分割光検知器の差出力の差として得られるトラッキング誤差信号からオフセット成分を除去できる。

【0017】また、3個の2分割光検知器の差出力において、オフセット成分はすべて同相で現れるが、3個のうち2個の2分割光検知器の差出力のトラック横断成分は残り一偶の2分割光検知器の差出力と逆相であるため、3個の2分割光検知器の差出力を加減算して得られるトラッキング誤差信号からオフセット成分を除去できる。

【0018】以下、この発明をその実施の形態を示す図

$$a(x, y) = r(x, y) \cdot \exp \{ 2\pi i \cdot W(x, y) \} \quad (1)$$

と表すことができる。ここで、 $r(x, y)$ は照射光振幅分布の絶対値、 $W(x, y)$ は波面収差である。以下では、説明を簡単にするために、 $r(x, y) = 1$ 、 $W(x, y) = 0$ 、即ち、面上の振幅分布が一定で、か

$$Ad(x', y') = \sum R_n \cdot \exp \{ -2\pi i \cdot n v_0 / q \} \cdot a(-x', -y' + n/q) \quad (2)$$

で与えられる。ここで、光ディスクはx方向には一様であるが、y方向（トラックに直交する方向）には周期性があると仮定している。また、 v_0 は正規化したトラックずれ量、 q は正規化したトラック間隔である。

面に基づいて具体的に説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1である光ヘッドのトラッキング誤差検出装置の構成を示す斜視図である。図において、符号4~6、8、14~22、24~30、33~36は、図8、9に示す従来例のものと同じである。37は発光源17からの光ビームの略半面に略180度の位相差を与える位相付加手段、38は発光源17からの光ビームによって情報記録媒体5の情報記録面6上に形成された集光スポットである。

10 【0019】図2は図1における位相付加手段の一例を示す概略図である。ここで、位相付加手段そのものは屈折率 n の透明材料で構成されており、そのほぼ中心で階段状に厚さが d 変化する構造になっている。入射光は厚さが変化する直線部で上下に分けられ、上半円部と下半円部では厚さの変化分 d に比例した位相差が付加されることになる。位相差を180度にするには、 $(n-1)d$ が発光源17の波長 λ の半分になるように、 d を設定すればよい。例えば、 $n=1.5$ 、 $\lambda=0.78\mu m$ では、 d は $0.78\mu m$ となる。

20 【0020】図3はこの発明の実施の形態1において、情報記録面6上での集光スポット22、38の位置関係と、それらに対応する2分割光検知器25、28上での光スポットおよびトラッキング誤差信号を発生させる回路を示す図である。図において、符号8および22、符号25~36は図8、9に示す従来例のものと同じである。トラッキング誤差信号を発生させる回路系も図10の従来例と全く同じである。違いは、発光源17からの光ビームにおいてその略半面に略180度の位相差を与えられたため、これの集光スポット38が通常の略円形ではなく、2つの楕円状サブスポットから構成されるスポットである点と、集光スポット38と集光スポット22のy方向（トラックに直交する方向）の間隔は零である点である。図3ではこの2つの集光スポットの間隔は零であるが、トラック間隔の整数倍であってもよい。

【0021】次に、この実施の形態1の動作についての説明に必要なブッシュブル法でのトラッキング誤差信号発生原理をホブキンスの理論に基づいて説明する。まず、対物レンズ射出面上での照射光複素振幅分布を $a(x, y)$ とすると、一般的に $a(x, y)$ は、

つ、無収差の場合を考える。次に、ディスクから反射されてくる反射光の光検知器上での複素振幅分布 $Ad(x', y')$ は、

【0022】いま、0次の反射光と光ディスクの周期性により1次 $(n-1)$ の回折を受けた反射光が重なり合う領域A（図4参照）での反射光複素振幅分布を Ad_1

50 とすれば、

7

8

$$Ad_1 = R_0 + R_1 \cdot \exp \{-2\pi i \cdot v_0 / q\} \quad (3)$$

が成立する。また、0次の反射光と光ディスクの周期性によりマイナス1次 ($n=-1$) の回折を受けた反射光

が重なり合う領域B (図4参照) での反射光複素振幅分布を Ad_{-1} とすれば、

$$Ad_{-1} = R_0 + R_{-1} \cdot \exp \{2\pi i \cdot v_0 / q\} \quad (4)$$

が成立する。そして、 R_1 、 R_{-1} を以下のように書き直

し、

$$R_1 = \alpha_1 \cdot \exp(i\phi_1) R_0 \quad (5)$$

$$R_{-1} = \alpha_{-1} \cdot \exp(i\phi_{-1}) R_0 \quad (6)$$

これらを式(2)、(3)に代入し、整理すると、

$$Ad_1 = R_0 [1 + \alpha_1 \cdot \exp \{i(\phi_1 - 2\pi \cdot v_0 / q)\}] \quad (7)$$

$$Ad_{-1} = R_0 [1 + \alpha_{-1} \cdot \exp \{i(\phi_{-1} + 2\pi \cdot v_0 / q)\}] \quad (8)$$

を得る。

(7)、(8)を自乗すれば得られ、それぞれは、

【0023】領域A、Bそれぞれでの光強度分布は式

$$|Ad_1|^2 = |R_0|^2 [(1 + \alpha_1^2) + 2\alpha_1 \cdot \cos(\phi_1 - 2\pi \cdot v_0 / q)] \quad (9)$$

$$|Ad_{-1}|^2 = |R_0|^2 [(1 + \alpha_{-1}^2) + 2\alpha_{-1} \cdot \cos(\phi_{-1} + 2\pi \cdot v_0 / q)] \quad (10)$$

となる。最後に、2分割光検知器の2つの受光面がそれぞれ領域Aを含む $y' > 0$ の半面と領域Bを含む $y' < 0$

の半面に配置されているとし、2つの受光面からの出力をそれぞれ Id_1 、 Id_{-1} とすれば、

$$Id_1 = K_1 \cdot |Ad_1|^2 + I_0 / 2 \quad (11)$$

$$Id_{-1} = K_{-1} \cdot |Ad_{-1}|^2 + I_0 / 2 \quad (12)$$

が成立する。ここで、 K_1 、 K_{-1} はそれぞれ受光面の感度と領域AもしくはBの面積の積であり、 I_0 は図4に示された原点近傍の0次光のみが入射している領域からの出力電流である。そして、トラッキング誤差信号TEは Id_1 と Id_{-1} の差として与えられる。いま、2つ

の受光面の感度、面積が等しく、かつ、光ディスクの周期構造が左右対称であるのなら、

$$K_1 = K_{-1}, \alpha_1 = \alpha_{-1}, \phi_1 = \phi_{-1}$$

が成立するので、これらを式(11)、(12)に代入して、トラッキング誤差信号TEを求めると、TEは、

$$TE = K_1 |R_0|^2 \cdot 4\alpha_1 \sin \phi_1 \cdot \sin(2\pi \cdot v_0 / q) \quad (13)$$

となる。

レンズの理論に基づいて同様に説明する。まず、対物レンズ射出瞳上での照射光複素振幅分布を $a_{inv}(x, y)$ とすると、 $a_{inv}(x, y)$ は、

【0024】さらに、この実施の形態1において特徴的な半面に180度の位相が与えられたビームによるプッシュプル法でのトラッキング誤差信号発生原理をホブキ

$$a_{inv}(x, y) = \tau_{inv}(x, y) \cdot \exp \{2\pi i \cdot W_{inv}(x, y)\} \quad (14)$$

と表すことができる。ここで、先ほどの説明と同様に $\tau_{inv}(x, y) = 1$ とおくと、 $W_{inv}(x, y)$ について

は、180度の位相ずれがビームの半面間に存在するた

$$W_{inv}(x, y) = 0.25 \quad (\text{ただし、} y > 0 \text{ のとき})、$$

$$W_{inv}(x, y) = -0.25 \quad (\text{ただし、} y < 0 \text{ のとき}) \quad (15)$$

とできる。そして、ディスクから反射されてくる反射光の光検知器上での複素振幅分布 $Ad_{inv}(x', y')$

は

$$Ad_{inv}(x', y') = \sum R_n \cdot \exp \{-2\pi i \cdot n v_0 / q\} \cdot a(-x', -y' + n/q) \quad (16)$$

で与えられる。

領域Aでの反射光複素振幅分布を Ad_{1inv} とす

【0025】いま、0次の反射光と光ディスクの周期性により1次 ($n=1$) の回折を受けた反射光が重なり合

ば、

$$Ad_{1inv} = R_0 \cdot a(-x', -y') + R_1 \cdot \exp \{-2\pi i \cdot v_0 / q\} \cdot a_{inv}(-x', y' + 1/q) \quad (17)$$

が成立する。通常領域Aは $y' > 0$ であるので、上式中

の $a_{inv}(-x', -y' + 1/q)$ は、

$$\begin{aligned} a_{inv}(-x', -y') &= \exp \{2\pi i \cdot W_{inv}(-x', -y')\} \\ &= \exp \{2\pi i \cdot (-0.25)\} \\ &= \exp(-i \cdot \pi/2) \end{aligned} \quad (18)$$

となり、また、通常の光ディスクでは $1/q$ が1前後で 50 あることから、 $(-y' + 1/q)$ はほぼ正となるの

で、領域Aでの $a_{inv}(-x', -y' + 1/q)$ は、

$$\begin{aligned} a_{inv}(-x', -y' + 1/q) &= \exp\{2\pi i \cdot W_{inv}(-x', -y' + 1/q)\} \\ &= \exp\{2\pi i \cdot 0.25\} \\ &= \exp\{i \cdot \pi/2\} \end{aligned} \quad (19)$$

とできる。従って、式(18)、(19)を用いて、式(17)は、

$$\begin{aligned} Ad_{1inv} &= R_0 \cdot \exp(-i \cdot \pi/2) \\ &\quad + R_1 \cdot \exp\{-2\pi i \cdot v_0/q\} \cdot \exp\{i \cdot \pi/2\} \\ &= \exp(-i \cdot \pi/2) \cdot [R_0 - R_1 \cdot \exp\{-2\pi i \cdot v_0/q\}] \end{aligned} \quad (20)$$

となる。

が重なり合う領域Bでの反射光複素振幅分布を Ad_{-1inv} は以下のように与えられる。

【0026】一方、0次の反射光と光ディスクの周期性によりマイナス1次($n=-1$)の回折を受けた反射光

$$\begin{aligned} Ad_{-1inv} &= R_0 \cdot a(-x', -y') + R_{-1} \cdot \exp\{2\pi i \cdot v_0/q\} \\ &\quad \cdot a_{inv}(-x', -y' - 1/q) \end{aligned} \quad (21)$$

通常領域Bは $y' < 0$ であるので、上式中の $a_{inv}(-x', -y')$ は、

$$\begin{aligned} a_{inv}(-x', -y') &= \exp\{2\pi i \cdot W_{inv}(-x', -y')\} \\ &= \exp\{2\pi i \cdot (0.25)\} \\ &= \exp(i \cdot \pi/2) \end{aligned} \quad (22)$$

となり、また、通常の光ディスクでは $1/q$ が1前後で20で、領域Aでの $a_{inv}(-x', -y' - 1/q)$ は、あることから、 $(-y' - 1/q)$ はほぼ負となるので

$$\begin{aligned} a_{inv}(-x', -y' - 1/q) &= \exp\{2\pi i \cdot W_{inv}(-x', -y' - 1/q)\} \\ &= \exp\{2\pi i \cdot -0.25\} \\ &= \exp\{-i \cdot \pi/2\} \end{aligned} \quad (23)$$

とできる。従って、式(22)、(23)を用いて、式(21)は、

$$\begin{aligned} Ad_{-1inv} &= R_0 \cdot \exp(i \cdot \pi/2) \\ &\quad + R_{-1} \cdot \exp\{2\pi i \cdot v_0/q\} \cdot \exp\{-i \cdot \pi/2\} \\ &= \exp(i \cdot \pi/2) \cdot [R_0 - R_{-1} \cdot \exp\{2\pi i \cdot v_0/q\}] \end{aligned} \quad (24)$$

となる。

(24)に代入し、整理すると、

【0027】次に、式(5)、(6)を式(23)、

$$Ad_{1inv} = \exp(-i \cdot \pi/2) \cdot R_0 [1 - \alpha_1 \cdot \exp\{i(\phi_1 - 2\pi \cdot v_0/q)\}] \quad (25)$$

$$Ad_{-1inv} = \exp(i \cdot \pi/2) \cdot R_0 [1 - \alpha_{-1} \cdot \exp\{i(\phi_{-1} + 2\pi \cdot v_0/q)\}] \quad (26)$$

を得る。領域A、Bそれぞれでの光強度分布は式(25)、(26)を自乗すれば得られ、それぞれは、

$$|Ad_{1inv}|^2 = |R_0|^2 [(1 + \alpha_1^2) - 2\alpha_1 \cdot \cos(\phi_1 - 2\pi \cdot v_0/q)] \quad (27)$$

$$|Ad_{-1inv}|^2 = |R_0|^2 [(1 + \alpha_{-1}^2) - 2\alpha_{-1} \cdot \cos(\phi_{-1} + 2\pi \cdot v_0/q)] \quad (28)$$

となる。最後に、2つの受光面からの出力をそれぞれ I_{d1inv} 、 I_{d-1inv} とすれば、

$$I_{d1inv} = K_1 \cdot |Ad_{1inv}|^2 + I_0/2 \quad (29)$$

$$I_{d-1inv} = K_{-1} \cdot |Ad_{-1inv}|^2 + I_0/2 \quad (30)$$

が成立する。そして、トラッキング誤差信号 TE_{inv} は I_{d1inv} と I_{d-1inv} の差として同様に、

$$\begin{aligned} TE_{inv} &= K_1 |R_0|^2 \cdot 4\alpha_1 s \ln \phi_1 \\ &\quad \cdot [-\sin(2\pi \cdot v_0/q)] \end{aligned} \quad (31)$$

となる。 TE_{inv} は TE の符号を反転させたものと等しい。

すなわち、トラッキングずれに対する位相が TE_{inv} と

TE では180度異なっているだけであることが示され

【0028】次に、実施の形態1で得られるトラッキン

グ誤差信号 TE_S は、対物レンズ並進等によるオフセッ

ト成分がほとんど除去されたものであることを図3を参照して説明する。まず、対物レンズの並進量が u である場合、通常のプッシュプル法から得られる差出力 $TE1$

$$TE1 = A1 \cdot \sin(2\pi \cdot v_0 / q) + B1 \cdot u \quad (32)$$

ここで、 $B1 \cdot u$ は u が小さい時に u に比例するオフセット成分であり、光検知器25上の光スポット31が y の正方向に移動することによって発生するものである。また、 $A1$ はトラック横断成分の振幅である。同じ状態

$$TE2 = -A2 \cdot \sin(2\pi \cdot v_0 / q) + B2 \cdot u \quad (33)$$

と表せる。ここで、 $B2 \cdot u$ は u が小さい時に u に比例するオフセット成分であり、光検知器28上の光スポット32が y の正方向に移動することによって発生するものである（これは、対物レンズの並進によるスポット31の移動する方向とスポット32の移動する方向は同じであることを意味しており、係数 $B2$ は係数 $B1$ と同符号である）。

$$\begin{aligned} TES &= TE1 - (B1/B2) \cdot TE2 \\ &= A1 \cdot \sin(2\pi \cdot v_0 / q) \\ &\quad + (B1/B2) A2 \cdot \sin(2\pi \cdot v_0 / q) \\ &= \{A1 + (B1/B2) A2\} \cdot \sin(2\pi \cdot v_0 / q) \quad (34) \end{aligned}$$

となる。よって、トラッキング誤差信号 TES からオフセット成分が除去できることが示された。

【0030】同様に、光ディスクの傾きに対しても光検知器上の光スポット31と32の移動する方向が同じであるのは明らかなので、トラッキング誤差信号 TES からオフセット成分が除去できる。さらに、従来例では、トラッキング誤差信号の振幅が2つの集光スポットの間隔と情報記録媒体のトラック間隔の比に依存するという問題点もあった。しかし、図2のように、2つの集光スポットはトラックに対して平行となるように配置したので、間隔の異なる複数の種類の光ディスクを一つの光ヘッドで再生する場合において問題となった、あるトラック間隔においてトラッキング誤差信号の振幅がほぼ零となる現象は皆無となる。これは、トラック間隔がどう変わろうとも、2つの集光スポットはトラックに対して平行であるからである。

【0031】実施の形態2、図5はこの発明の実施の形態2であるトラッキング誤差検出装置の構成を示す斜視図である。図において、符号1、2、4、5、6、8、9、14、15は図8、9に示した従来例中のものと同じである。39は発光源1からの光ビームを3本の光ビームに分割するとともに、そのうち2本の光ビームの略半面に略180度の位相差を与える位相付加手段としての回折格子、40はコリメータレンズ2からの平行ビームを反射すると共に情報記録媒体5からの反射ビームを透過させるビームスプリッタ、41、42、43は情報

は、式(13)を用いて以下のように表すことができる。

で、半面に180度の位相が与えられたビームによるプッシュプル法での差出力である $TE2$ は式(31)から、

【0029】また、前述のように、 $TE2$ のトラック横断成分の位相は $TE1$ と比べて180度ずれており、 $A2$ がトラック横断成分の振幅である（係数 $A2$ は係数 $A1$ と同符号）。従って、可変利得増幅器の利得 G を $B1$ と $B2$ の比に等しくして得られるトラッキング誤差信号 TES は、

記録面6上での3つの集光スポットである。3つの集光スポット41、42、43からの反射ビームはひとつのパッケージに納められた3つの2分割光検知器25、28、45で受光される。ここで、45が実施の形態1に対して新たに加えられた2分割光検知器であり、46、47が2分割光検知器45の2つの受光面である。また、後に説明する図6には示されているが、3つの2分割光検知器25、28、45上にはそれぞれ光スポット48、49、50が形成される。51は2分割光検知器45の出力が供給される差動増幅器、52、53はそれぞれ利得 $G1$ 、 $G2$ である可変利得増幅器である。

【0032】図6はこの発明の実施の形態2において、位相付加手段としての回折格子の構造を示す概略図である。これは、一般的には光学ガラスのような透明材料を用いフォトリソエッチング等の手段にて凹凸をつけたものである。通常の光学ヘッドでは、回折格子の周期は10から100 μm に設定される。見て明らかなように、上半分の周期構造の位相と下半分の周期構造の位相が180度異なっている。以下では、回折格子39を用いることによって、回折された1次、及び、-1次の光ビームの上半面と下半面間に180度の位相差を発生できるかについて説明を行う。

【0033】回折格子に一樣な光ビームが照射される場合を考えると、回折格子直後の光の振幅分布 $U_1(x_1)$ は、

$$\begin{aligned} u_1(x_1) &= h(x_1) \quad (\text{ただし、} y_1 > 0 : \text{上半面})、 \\ u_1(x_1) &= h(x_1 - X_0) \quad (\text{ただし、} y_1 < 0 : \text{下半面、} X_0 = \Lambda/2) \end{aligned} \quad (35)$$

と与えられる。ここで、 Λ は回折格子の周期である。次に、フラウンホーファの回折公式を用いて上半面の回折

光と下半面の回折光の関係を求める。まず、 $y_1 > 0$ の

$$u_{2a}(x_2) = k \int h(x_1) \cdot \exp(i \cdot 2\pi x_1 x_2 / \lambda L) dx_1 \quad (36)$$

で与えられる。ここで、 λ は光ビームの波長、 L は伝搬距離である。次に、 $y_1 < 0$ の領域からの回折光の複素

$$u_{2b}(x_2) = k \int h(x_1 - X_0) \cdot \exp(i \cdot 2\pi x_1 x_2 / \lambda L) dx_1 \quad (37)$$

となる。ここで、 $x_1 - X_0 = s$ とおけば、

$$\begin{aligned} u_{2b}(x_2) &= k \int h(s) \cdot \exp\{i \cdot 2\pi x_2 (s + X_0) / \lambda L\} ds \\ &= k \cdot \exp(i \cdot 2\pi x_2 X_0 / \lambda L) \\ &\quad \cdot \int h(s) \cdot \exp\{i \cdot 2\pi x_1 s / \lambda L\} ds \\ &= \exp(i \cdot 2\pi x_2 X_0 / \lambda L) \cdot u_{2a}(x_2) \\ &= \exp(i \cdot \pi x_2 \Lambda / \lambda L) \cdot u_{2a}(x_2) \end{aligned} \quad (38)$$

が成立する。光ビームが L 伝搬した時の $+1$ 次回折光の位置は x_2 座標で、 $+L \cdot (\lambda / \Lambda)$ であるので、上式

$$u_{2b}(\pm L \cdot (\lambda / \Lambda)) = \exp(\pm i\pi) \cdot u_{2a}(\pm L \cdot (\lambda / \Lambda)) \quad (39)$$

が得られる。故に、 1 次回折光の上半面と下半面の間には $+180$ 度の位相差を、 -1 次回折光の上半面と下半面の間には -180 度の位相差を生じさせることができる。

【0034】図7はこの発明の実施の形態2において、情報記録面6上での3つの集光スポット41、42、43の位相関係と、それらに対応する2分割光検知器25、28、45上での光スポットおよびトラッキング誤差信号を発生させる回路を示す図である。図において、41が0次回折光による集光スポット、42が -1 次回折光による集光スポット、43が 1 次回折光による集光スポットである。トラッキング誤差信号T E Sを発生させる回路系は図3に示した実施の形態1のものに、2分割光検知器45からの出力の差をとる差動増幅器51、差動増幅器51の差出力T E 3を受ける利得G3の可変利得増幅器53を加え、さらに、図3中の利得Gの可変利得増幅器35の代わりに利得G2の可変利得増幅器52を配置したものである。差出力T E 1、G2倍された差出力T E 2、G3倍された差出力T E 3は差動増幅器36に入力され、差動増幅器36の出力としてトラッキ

$$T E 1 = A1 \cdot \sin((2\pi \cdot v_0 / q) + B1 \cdot u) \quad (40)$$

ここで、 $B1 \cdot u$ は u が小さい時に u に比例するオフセット成分であり、光検知器25上の光スポット48が y の正方向に移動することによって発生するものである。また、 $A1$ はトラック横断成分の振幅である。同じ状態

$$T E 2 = -A2 \cdot \sin(2\pi \cdot (v_0 + e) / q) + B2 \cdot u \quad (41)$$

と表せる。ここで、 e は集光スポット41と集光スポット42の y 方向の正規化した間隔である。

【0036】また、 $B2 \cdot u$ は u が小さい時に u に比例するオフセット成分であり、光検知器28上の光スポット49が y の正方向に移動することによって発生するものである。T E 2のトラック横断成分の位相はT E 2と

$$T E 3 = -A3 \cdot \sin(2\pi \cdot (v_0 - e) / q) + B3 \cdot u \quad (42)$$

領域からの回折光の複素振幅分布 $u_{2a}(x_2)$ は、

振幅分布 $u_{2b}(x_2)$ は、

ング誤差信号T E Sが得られる。情報記録面6上での3つの集光スポット41、42、43のうち、41は通常の略円形の集光スポットであり、42、43は2つの楕円状サブスポットから構成されるスポットである。集光スポット41、42、43のうち隣接する2個の集光スポットの y 方向（トラックに直交する方向）の間隔は略等となるように、回折格子39が回転調整されている。図7では隣接する集光スポットの間隔は零であるが、トラック間隔の略整数倍であってもよい。

【0035】次に、実施の形態2においてもトラッキング誤差信号T E S中からオフセット成分を除くことができることを以下に説明する。オフセット成分を除くことができる原理は実施の形態1と同じであるが、実施の形態2では、隣接する集光スポットの y 方向の間隔がちょうど半でなくともオフセットの発生は原理上零とできる。まず、対物レンズの並進量が u である場合、通常のプッシュプル法から得られる差出力T E 1は、式(13)を用いて以下のように表すことができるのは実施の形態1と同じである。

で、半面に 180 度の位相が与えられたビームによるプッシュプル法での差出力であるT E 2は式(31)から、

比べて $180 \times (1 + e/q)$ 度ずれており、 $-A2$ がトラック横断成分の振幅である（係数 $A2$ は係数 $A1$ と同符号）。さらに、もう一つの半面に 180 度の位相が与えられたビームによるプッシュプル法での差出力であるT E 3も式(31)から、

15

と表せる。ここで、 $B3 \cdot u$ は u が小さい時に u に比例するオフセット成分であり、光検知器45上の光スポット50が y の正方向に移動することによって発生するものである。TE3のトラック横断成分の位相はTE1と比べて $180 \times (1 - e/q)$ 度ずれており、 $-A3$ が

$$TE' = -C \cdot \cos(2\pi e/q) \cdot \sin(2\pi v_0/q) + D \cdot u \quad (43)$$

を得る。

【0037】最後に、可変利得増幅器51の利得 $G1$ を差出力TE1の $G1$ 倍のオフセット成分の振幅とTE' 10

$$\begin{aligned} TES &= G1 \cdot TE1 - TE' \\ &= G1 \cdot A1 \cdot \sin(2\pi \cdot v_0/q) \\ &\quad + C \cdot \cos(2\pi e/q) \cdot \sin(2\pi v_0/q) \\ &= \{G1 \cdot A1 + C \cdot \cos(2\pi e/q)\} \cdot \sin(2\pi v_0/q) \end{aligned} \quad (44)$$

となる。よって、 e の値にかかわらず、トラッキング誤差信号TESからオフセット成分が除去できることが示された。ただし、トラッキング誤差信号TESの振幅は e の大きさに依存して変化するが、 e/q の値が整数の場合、即ち、隣接する集光スポットの y 方向の間隔がちょうどトラック間隔の整数倍の場合に最大となる。同様に、光ディスクの傾きに対しても光検知器上の3つの光スポットの移動する方向が同じであるのは明らかなの

$$X_0 - \Lambda/2 + \Lambda\delta/(2\pi) = (\Lambda/2) \cdot (1 + \delta/\pi) \quad (45)$$

と置いた場合に相当するので、を式(45)を式(36)に代入する。

$$\begin{aligned} u_{2b}(x_2) &= \exp\{i \cdot 2\pi x_2 (\Lambda/2) \cdot (1 + \delta/\pi) / (\lambda L)\} \cdot u_{2a}(x_2) \\ &= \exp(i \cdot \pi x_2 \Lambda / (\lambda L)) \cdot \exp(i \pi x_2 \delta \Lambda / (\pi \lambda L)) \\ &\quad \cdot u_{2a}(x_2) \end{aligned} \quad (46)$$

を得、次に、上式に $x_2 = \pm L \cdot (\lambda/\Lambda)$ を代入すれば、

$$\begin{aligned} u_{2b}(\pm L \cdot (\lambda/\Lambda)) &= \exp(\pm i\pi) \cdot \exp(\pm i\pi\delta/\pi) \\ &\quad u_{2a}(\pm L \cdot (\lambda/\Lambda)) \\ &= \exp(\pm i\pi(1 + \delta/\pi)) \cdot u_{2a}(\pm L \cdot (\lambda/\Lambda)) \end{aligned} \quad (47)$$

を得る。式(47)は1次回折光に対しては $(\pi + \delta)$ ラジアン、-1次回折光に対しては $-(\pi + \delta)$ ラジアン

【0038】最後に、実施の形態2において、回折格子

$$\begin{aligned} W_{inv}(x, y) &= 0.25 + \delta/(4\pi) \quad (\text{ただし、} y > 0 \text{ のとき})、 \\ W_{inv}(x, y) &= -0.25 - \delta/(4\pi) \quad (\text{ただし、} y < 0 \text{ のとき}) \end{aligned} \quad (48)$$

である。したがって、式(48)から始めて、式(16)から(31)までの計算を行うと、TE2中のトラ

$$TE2t = K_1 |R_0|^2 \cdot 4\alpha_1 \sin\phi_1 \cdot [1 - \sin(2\pi \cdot v_0/q - \delta)] \quad (49)$$

【0040】さらに、TE3を求める。TE3は回折格子39によって生じた-1次回折光によって得られる信号であるので、 $-(\pi + \delta)$ ラジアン

$$\begin{aligned} W_{inv}(x, y) &= -0.25 - \delta/(4\pi) \quad (\text{ただし、} y > 0 \text{ のとき})、 \\ W_{inv}(x, y) &= 0.25 + \delta/(4\pi) \quad (\text{ただし、} y < 0 \text{ のとき}) \end{aligned} \quad (50)$$

16

トラック横断成分の振幅である(係数 $A3$ は係数 $A1$ と同符号)。次に、可変利得増幅器52、53それぞれの利得 $G2$ 、 $G3$ を差出力TE2の $G2$ 倍のトラック横断成分の振幅と、TE3の $G3$ 倍のトラック横断成分の振幅が等しくなるように設定し、加算すれば、

のオフセット成分の振幅が等しくなるように設定し、減算すれば、

で、光ディスクの傾きがあってもトラッキング誤差信号TESからオフセット成分が除去できる。

【0038】最後に、実施の形態2において、回折格子の上半面の周期構造と下半面の周期構造の間に木米ならば180度の位相差があるべきなのに、この位相差が180度から $180 \cdot \delta/\pi$ 度(δ ラジアン)ずれた場合について考察する。まず、 ± 1 次回折光の上半面と下半面の位相差を求める。これは、式(35)において、

子39によって生じた1次回折光によって得られる信号である。1次回折光に対しては $(\pi + \delta)$ ラジアンの位相差が付加されたということは、式(15)の0.25に $\delta/(4\pi)$ を加えることに対応する。すなわち、

ック横断成分TE2tが以下のように求められる。

と下反面の両に加えた場合を考える。これは式(15)の代わりに式(50)を用いることに対応する。

したがって、式(50)から始めて、式(18)から(31)までの計算を行うと、TE3中のトラック横断

$$TE3t = K_1 |R_0|^2 \cdot 4\alpha_1 \sin \phi_1 \cdot [-\sin(2\pi \cdot v_0/q + \delta)] \quad (51)$$

【0041】したがって、可変利得増幅器52、53それぞれの利得G2、G3を同じに差出力TE2のG2倍のトラック横断成分の振幅と、TE3のG3倍のトラック横断成分の振幅が等しくなるように設定し加算すれば、 $-\cos \delta \cdot \sin(2\pi \cdot v_0/q)$ に比例するトラック横断成分を持つ信号TE'が得られる。この信号TE'にはδの値にかかわらずオフセットは発生しないが、δの余弦に比例して振幅は低下する。TE1はもともとδとは無関係であるので、TE'とG1倍したTE1の差から得られるトラッキング誤差信号TESにもオフセットが生じない。

【0042】最後に、実施の形態2の利点をまとめると、実施の形態1で述べた利点に加えて、情報記録媒体上の集光スポットの配置精度と位相付加手段が与える位相差の精度が緩和されるという利点がある。

【0043】

【発明の効果】この発明は、以上説明したように構成されているので、以下に示すような効果を奏する。

【0044】2本の光ビームを対物レンズを介して情報記録媒体に集光照射する光ヘッドにおいて、一方の光ビームの略半面に略180度の位相差を与える位相付加手段を設け、これらの光ビームによって形成される集光スポットを情報記録媒体上トラックに直交する方向の間隔がトラック間隔の略整数倍となるように配置し、この情報記録媒体からの光ビームをそれぞれ一对の2分割光検知器で受光し、一对の2分割光検知器の差出力の差からトラッキング誤差信号を得るようにしたので、オフセットの発生が極めて小さく、かつ、トラック間隔に対する検出感度の依存性も極めて小さいトラッキング誤差検出装置を実現できる。

【0045】また、3本の光ビームを対物レンズを介して情報記録媒体に集光照射する光ヘッドにおいて、そのうち2本の光ビームの略半面に略180度の位相差を与える位相付加手段として、略半面の周期構造の位相がもう一方の略半面に形成された周期構造の位相と略180度異なる回折格子を設け、隣接しあう前記集光スポットの前記情報記録媒体上トラックに直交する方向の間隔がトラック間隔の略整数倍となるように前記集光スポットを前記情報記録媒体上に配置し、前記情報記録媒体から

成分TR81が以下のように求められる。

$$(51)$$

の光ビームをそれぞれ3個の2分割光検知器で受光し、3個の2分割光検知器の差出力からトラッキング誤差信号を得るようにしたので、オフセットの発生が極めて小さく、かつ、トラック間隔に対する検出感度の依存性も極めて小さく、さらに、集光スポットの配置や位相付加手段の位相差に要求される精度が緩和されたトラッキング誤差検出装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1である光ヘッドのトラッキング誤差検出装置の構成を示す斜視図である。

【図2】 図1における位相付加手段の一例を示す概略図である。

【図3】 この発明の実施の形態1において、情報記録面上の集光スポットの位置関係と、2分割光検知器、トラッキング誤差信号を発生させる回路を示す図である。

20 【図4】 この発明の実施の形態1において、光ディスクからの反射光を示す図である。

【図5】 この発明の実施の形態2である光ヘッドのトラッキング誤差検出装置の構成を示す斜視図である。

【図6】 この発明の実施の形態2において、位相付加手段としての回折格子の構造を示す概略図である。

【図7】 この発明の実施の形態2において、情報記録面上の集光スポットの位置関係と、2分割光検知器、トラッキング誤差信号を発生させる回路を示す図である。

30 【図8】 従来のトラッキング誤差検出装置の構成を示す概略図である。

【図9】 従来の他のトラッキング誤差検出装置の構成を示す斜視図である。

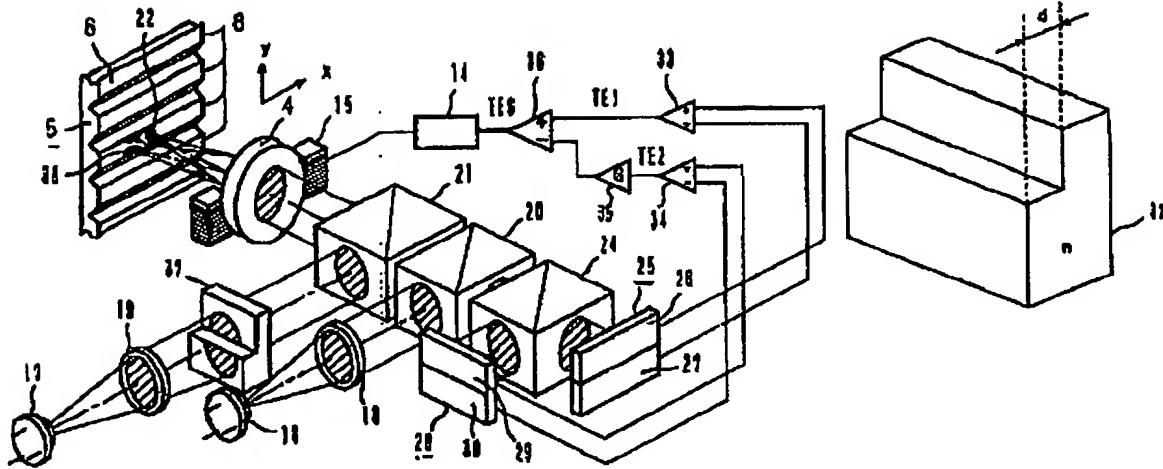
【図10】 従来の他のトラッキング誤差検出装置において、情報記録面上の集光スポットの位置関係と、2分割光検知器、トラッキング誤差信号を発生させる回路を示す図である。

【図11】 従来の他のトラッキング誤差検出装置において、2分割光検知器の差出力とトラッキング誤差信号を示す図である。

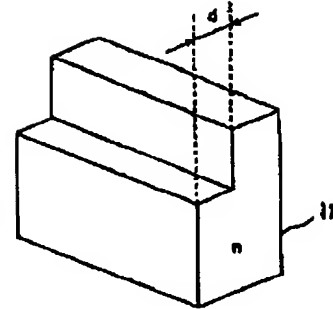
40 【符号の説明】

4 対物レンズ、5 情報記録媒体、8 トラック、16、17 発光源、25、28 2分割光検知器、33、34、36 差動増幅器、37 位相付加手段。

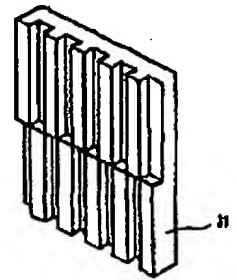
【図1】



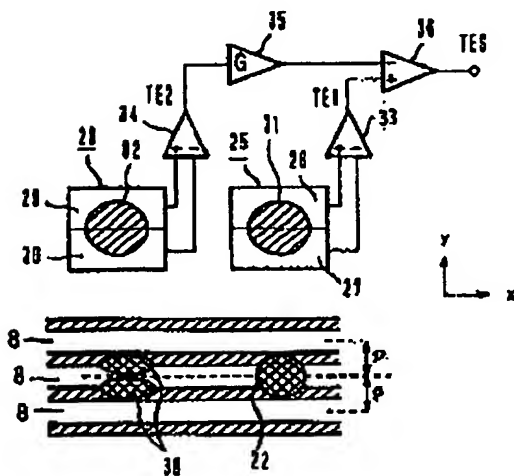
【図2】



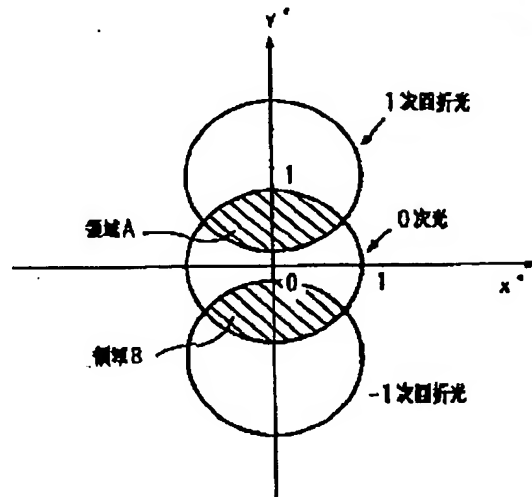
【図6】



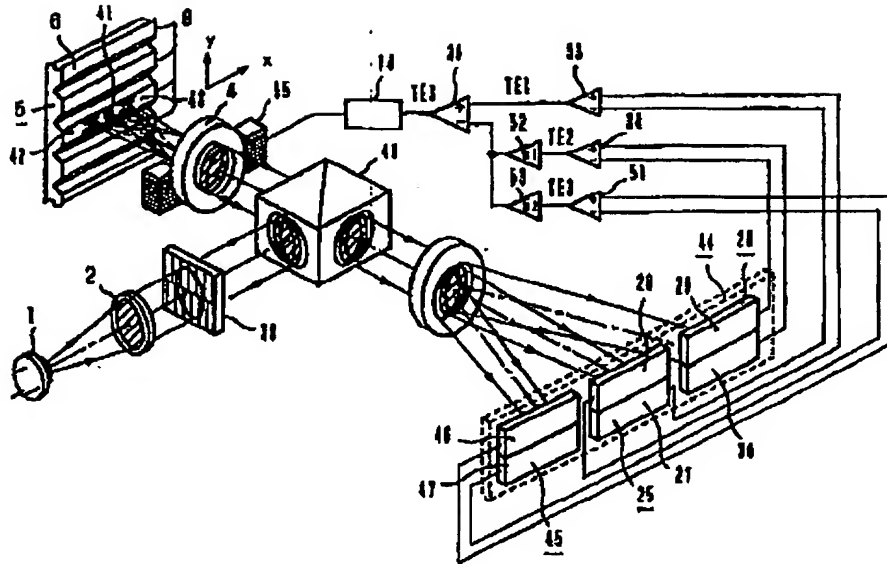
【図3】



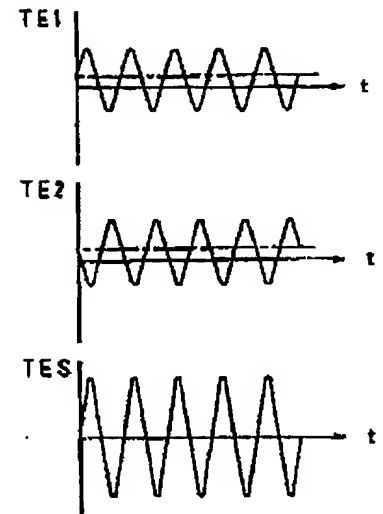
【図4】



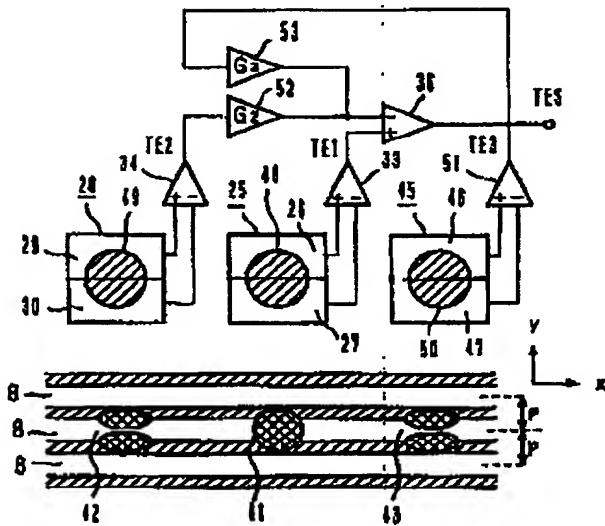
【図5】



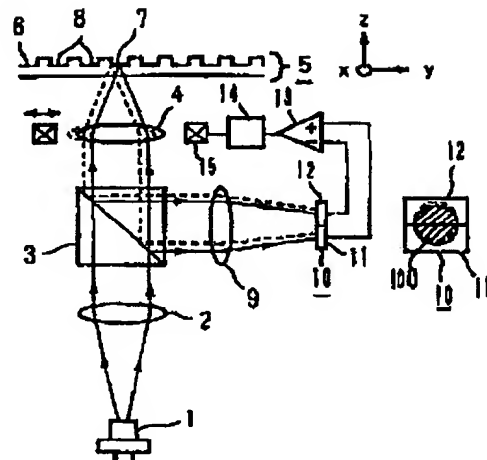
【図11】



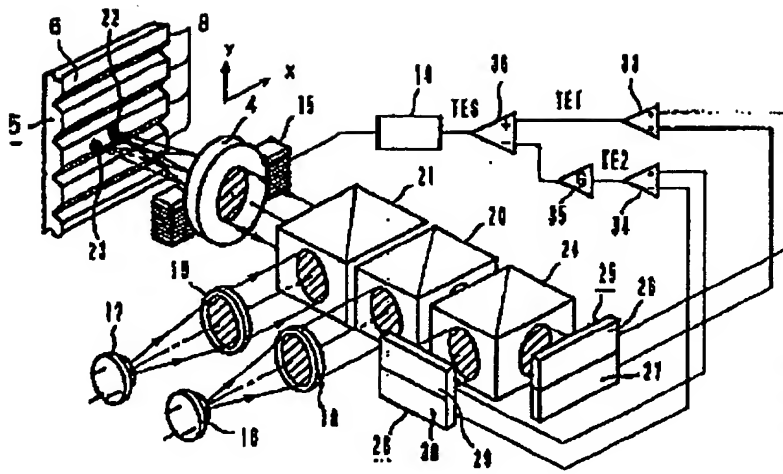
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

